

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-184800

(43)Date of publication of application : 15.07.1997

(51)Int.Cl.

G01N 21/01

G01N 21/49

(21)Application number : 07-353349

(71)Applicant : SHIMADZU CORP

(22)Date of filing : 30.12.1995

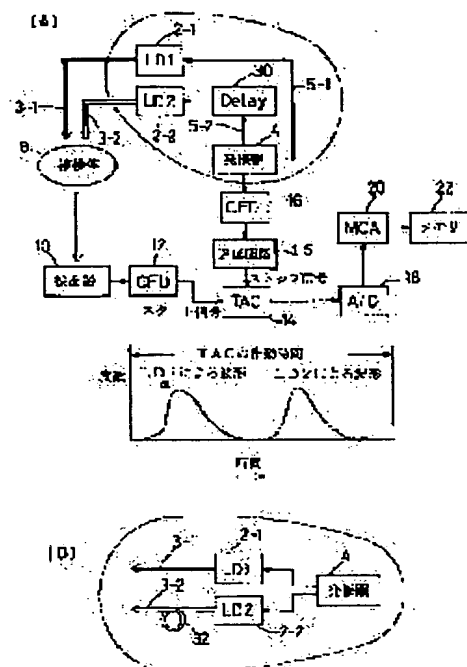
(72)Inventor : ODA ICHIRO

(54) TIME RESOLVED OPTICAL MEASURING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform measurement at a plurality of wavelengths and measuring points without any time deviation and using a single detector and a single TAC.

SOLUTION: An oscillation signal from an oscillator 4 is simultaneously supplied to semiconductor lasers 2-1 and 2-2 with different oscillation wavelengths but one coaxial cable 5-2 is longer and has a delay element 30. Laser pulse beams oscillated from both semiconductor lasers 2-1 and 2-2 are guided to a specimen 8 by optical fibers 3-1 and 3-2, respectively, pulse beams through the specimen 8 are detected by a detector 10, and time until photo is detected by the detector 10 is outputted as a voltage and integrated by a TAC 14. The obtained integral waveform by the semiconductor laser 2-1 and that by the semiconductor laser 2-2 are separated as shown in (a) and waveforms for a plurality of light sources can be measured without any time deviation.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.12.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 06.07.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-184800

(43) 公開日 平成9年(1997)7月15日

(51) Int.Cl.⁸

G 0 1 N 21/01
21/49

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 1 N 21/01
21/49

技術表示箇所

D
C

審査請求 未請求 請求項の数 1 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-353349

(22) 出願日 平成7年(1995)12月30日

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72) 発明者 小田 一郎

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

株式会社島津製作所三条工場内

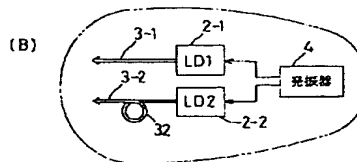
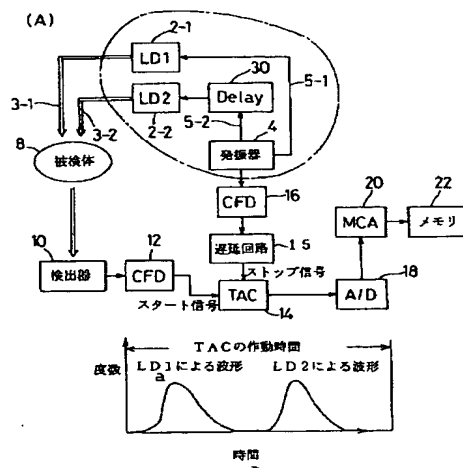
(74) 代理人 弁理士 野口 繁雄

(54) 【発明の名称】 時間分解光計測装置

(57) 【要約】

【課題】 複数の波長又は測定ポイントでの測定を、時間のずれがなく、しかも1個の検出器及び1個のTACで測定できるようにする。

【解決手段】 発振器4からの発振信号は発振波長の異なる半導体レーザ2-1と2-2に同時に供給されるが、一方の同軸ケーブル5-2の方が長くなって遅延要素30を備えている。両半導体レーザ2-1、2-2から発振されるレーザパルス光はそれぞれ光ファイバ3-1、3-2により被検体8に導かれ、被検体8を散乱透過したパルス光は検出器10で検出され、TAC14で検出器10による光子検出までの時間が電圧として出力され、積算される。得られた積算波形は(a)のように、半導体レーザ2-1によるものと2-2によるものとが分離され、複数の光源に対する波形がほとんど時間のずれなしに計測される。



FP04 -
0229-00W0-HP
04.8.31
SEARCH REPORT

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検体にパルス光を入射させる光源、被検体での透過散乱光を受光する1個の光検出器、及び光源でのパルス光発生時から前記光検出器による光子検出までの時間を電圧として出力する1個の時間電圧変換器を少なくとも備えて高速に変化する光現象の時間変化を測定する装置において、被検体への光入射側と被検体からの光出射側の少なくとも一方を複数のチャンネルとするとともに、前記光検出器による各チャンネルの光子検出までの時間が互いに重ならず、かつすべてのチャンネルの前記光検出器による光子検出が前記時間電圧変換器の1回の作動時間領域内に完了するように遅延要素を設けたことを特徴とする時間分解光計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は高速で変化する光現象の時間変化を測定する装置、例えば生体酸素モニタや光CTのほか、散乱体を対象とする光学定数測定装置に関するものであり、特にTAC（Time-to-Amplitude Converter；時間電圧変換器）を備えて時間相関単一光子計数法により計測を行なう装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】時間相関単一光子計数法で、被検体に対し複数の光源から入射した光の時間分解波形を1つの検出器で検出しようとする、光源の発振を切り換えるか、複数の光源から発振された光を光スイッチにより切り換えることが必要である。図1（A）は光源の発振を切り換える方式を示したものである。波長の異なる2つの半導体レーザ2-1と2-2に対し、発振器4からの信号を切換え器6で切り換えて与え、いずれかの半導体レーザをパルス発振させて被検体8へ入射させる。被検体を散乱透過したパルス光は検出器10で検出される。TAC14では、検出器10による光子検出信号がCFD（Constant Fraction Discriminator）12を経てTAC14にスタート信号として与えられ、発振器4からの発振信号がCFD16及び適当な遅延をもつ遅延回路15を経てTAC14にストップ信号として与えられ、検出器10によるスタート信号とストップ信号との時間差が電圧として出力される。TAC14の出力電圧はA/D変換器18でデジタル信号に変換され、MCA（Multichannel Analyzer）20によりいずれの半導体レーザからの信号であるかを指示してそれぞれのメモリ装置22-1、22-2に記憶する。記憶された波形は、検出信号と遅延された発振信号との時間差が計測されたものであるが、本来得るべき照射時間と検出時間との時間差波形単に時間軸の方向が異なるのみである。この関係を一般的に逆接続と呼ぶ。図1中のa1、a2として示された波形は時間軸を逆に示している。

【0003】TAC14の作動時間は、発振器4から発

振信号が出力されてから検出器10による光子検出を完了するまでの時間であり、例えば数ナノ秒というような極めて短い時間である。そのため、レーザの照射はできるだけ短い時間間隔（例えば200ナノ秒）のサイクルで行なわれるが、そのような短い照射間隔内に切換え器6により半導体レーザ2-1、2-2の発振を切り換えることはできない。

【0004】また、TAC計測は1回の光子検出確率分布を多数回積算することで強度分布を得ている。したがって、一方の半導体レーザ、例えば2-1を発振させているときは、その半導体レーザ2-1を繰返し発振させてTAC14による作動を繰返し、その出力を積算して、（a1）に示されるような半導体レーザ2-1による波形を得る。この波形を得る時間は（半導体レーザの発振間隔時間×積算回数）である。その後、切換え器6によって半導体レーザの発振が他方の側、例えば2-2側に切り換えられて同様の測定が行なわれる。

【0005】発振信号の切換えに代えて、（B）に示されるように、発振器4により半導体レーザ2-1と2-2を同時に発振させ、被検体8に導くレーザパルス光を光スイッチ24で切り換えるようにすることもできる。この場合も光スイッチ24による切換えは、（半導体レーザの発振間隔時間×積算回数）単位で行なわれる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】図1に示されるように、発振信号の切換え又は発振したパルス光の切換えによる方法では、TACの積算時間分のタイムラグ（時間ずれ）を生じる。特に、生体計測ではある波長又はある測定ポイントでの波形を基準として他の波形又は他の測定ポイントでの波形を比較することにより光学定数を算出するので、こうしたタイムラグは被検体の経時変化の影響を受けて測定精度の低下を招く。こうした時間ずれを少なくするには、積分時間を短くすること、すなわち、1回の照射光量を減らすことなく照射サイクルを多くすることであるが、それには半導体レーザの出力パワーを上げる必要があり、技術的には限界がある。

【0007】時間相関単一計数法における計測では、検出される光が単一光子状態（1回の照射に対して検出される光子が必ず1個以下）であることが絶対条件である。そこで、照射する光のサイクルに対して、光子が検出される確率が1/20（又は1/50や1/100）以下にして計測する必要がある。

【0008】通常、光生体計測では、照射する光源の限界から被検体を散乱透過してくる光は非常に微弱で、この単一光子条件を大きく下回ることも少なくない。すなわち、検出器の側から見れば待ち時間ばかり多く、積算時間中の稼働率は極めて低い状態となっている。

【0009】そこで、本発明はこの時間的な隙間に他の光源（波長又は他の測定ポイント）による測定を行なうとするものである。ただし、2以上の波長や測定ポイ

ントで同時に照射や検出を行なうと、検出器側では波長ごとに又は測定ポイントごとに選別ができないので、観測される波形は重なり合ってしまう。こうした問題を避けるために、波長やポイントごとに照射時間又は検出時間をずらし、積算された波形が重なり合わないようにしなければならない。

【0010】本発明の目的は、複数の波長又は測定ポイントでの測定を従来のような積算時間という長い時間のずれがなく、しかも1個の検出器及び1個のTACで測定できるようにすることである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明では、被検体への光入射側と被検体からの光出射側の少なくとも一方を複数のチャンネルとするとともに、光検出器による各チャンネルの光子検出までの時間が互いに重ならず、かつすべてのチャンネルの光検出器による光子検出がTACの1回の作動時間領域内に完了するように遅延要素を設けた。

【0012】遅延要素としては次のものを挙げることができる。

(1) 光源の点灯を行なう光源トリガー信号(=発振信号)を光源まで導く同軸ケーブルなどを長くしたものであり、これにより電氣的に遅延させる。

(2) 点灯した光を被検体に導く光ファイバなどの導光路を長くしたものであり、これにより光源から被検体までの光路で光学的に遅延する。

(3) 被検体から出射する散乱透過光を検出器に導く受光側光ファイバなどの導光路を長くしたものであり、これにより被検体から検出器までの光路で光学的に遅延する。遅延要素が同軸ケーブルや光ファイバの場合、約20cmの長さで1ナノ秒程度の遅延量が得られる。

【0013】

【実施例】図2(A)は第1の実施例を表す。図1の実施例と同一部分には同一の符号を付す。発振器4からの発振信号は発振波長の異なる半導体レーザ2-1と2-2にそれぞれ同軸ケーブル5-1、5-2を経て同時に供給されるが、同軸ケーブル5-2の方が同軸ケーブル5-1より長くなっており、その長くなった部分の同軸ケーブルが遅延要素30となっている。両半導体レーザ2-1、2-2から発振されるレーザパルス光はそれぞれ光ファイバ3-1、3-2により被検体8の同じ位置又は異なる位置に導かれる。被検体8を散乱透過したパルス光は検出器10で検出される。TAC14では、検出器10による光子検出信号がCFD12を経てTAC14にスタート信号として与えられ、発振器4からの発振信号がCFD16及び適当な遅延をもつ遅延回路15を経てTAC14にストップ信号として与えられ、スタート信号とストップ信号との時間差が電圧として出力される。TAC14の出力電圧はA/D変換器18でデジタル信号に変換され、MCA20を経てメモリ装置22に記憶され、積算される。

【0014】検出器10はTAC14の作動時間内に半導体レーザ2-1と2-2によるパルス光の光子をとともに検出するが、遅延要素30により半導体レーザ2-2のパルス光が半導体レーザ2-1のパルス光よりも遅れて被検体8に供給されるので、検出器10は両半導体レーザ2-1、2-2からのパルス光による光子を時間がずれた状態で検出する。こうして得られた積算波形は(a)のようになり、データ処理において半導体レーザ2-1によるものと2-2によるものとが分離され、複数の光源に対する波形がほとんど時間のずれなしに計測することができるようになる。

【0015】なお、散乱透過してくる光が比較的強く、完全な単一光子状態から外れた場合には波形の歪を生ずるが、この場合は照射光のパワーを弱めるなどすればよい。その場合でも時間のずれがなく、切換え器などの複雑な要素を必要としないなどの利点があり、また積分時間が長くなるような問題も生じない。

【0016】図2(B)は発振器4によって2つの半導体レーザ2-1、2-2を同時に発振させ、両半導体レーザ2-1、2-2から被検体8までレーザパルスを導く光ファイバ3-1と3-2の長さを異ならせることにより、遅延させるようにした実施例を示したものである。ここでは、光ファイバ3-1よりも光ファイバ3-2の方を長くし、その長くなった部分32が遅延要素となるようにしている。他の構成及び動作は(A)のものと同じである。

【0017】図3はさらに他の実施例を表わしたものである。(A)は発振器4によって1個の半導体レーザ2をパルス発振させ、そのパルス光を光分波器34により2つの光路に分波し、それぞれの光路のパルス光を光ファイバ36-1と36-2を経て被検体8の異なる位置に入射させるものである。この場合、一方の光ファイバ36-2の長さを他方の光ファイバ36-1の長さよりも長くし、その長くなった部分38が遅延要素となっている。他の構成は図2(A)の実施例と同じである。

【0018】図3(B)はさらに他の実施例を表わしたものであり、被検体8に対しては1個の半導体レーザ2から光ファイバ36を経てパルス光を被検体8に照射し、被検体8を散乱透過してきたパルス光を異なる位置で受光し、それぞれの受光パルス光を光ファイバ40-1、40-2から光合波器44へ導き、光合波器44で2つの光ファイバから導かれたパルス光を1つの光路にまとめて検出器10へ導いている。ここでは、被検体8から光合波器44までの光ファイバ40-1、40-2の長さが互いに異なっており、光ファイバ40-1より光ファイバ40-2の長さの方が長くなっており、その長くなった部分42が遅延要素となっている。この場合には、被検体8の2つの位置での情報が同時に得られる。

【0019】光分波器34や光合波器44の代わりに、

図3(C)に示されるような分岐した光ファイバ48を用いてもよい。この場合、分岐した2つの光路50-1と50-2うち、一方の光路50-2の方が長くなり、その長くなった部分52が遅延要素となっている。

【0020】図4はさらに他の実施例を表わしたものであり、4つの現象を1つのTACに重畳させるようにしたものである。光源として2波長760nmと800nmと半導体レーザ2-1、2-2を備え、また被検体8に対しては2ヵ所の位置で光ファイバ56-1、56-2によりパルス光を入射させ、被検体8の1ヵ所の位置から光ファイバ60により受光して検出器10の光電子増倍管へ導く。両半導体レーザ2-1、2-2からのパルス光は光ファイバ54によって混合されて光路が1つになった後、光ファイバ56-1、56-2により2つの光路に分岐して異なった位置で被検体に照射される。一方の光ファイバ56-1による光入射点と光ファイバ60による受光点との距離は25mm、他方の光ファイバ56-2による光入射点と光ファイバ60による受光点との距離は40mmとする。

【0021】発振信号が半導体レーザ2-1、2-2にそれぞれ供給される同軸ケーブル5-1、5-2において、同軸ケーブル5-2の方が長くなっており、その長くなった部分30が遅延要素となって半導体レーザ2-2側の発振信号に約4ナノ秒の遅延を生じさせる。両半導体レーザ2-1、2-2からの光パルスは光ファイバ54によって混合された後再び分割され、その分割された光パルスを導く光ファイバ56-1、56-2では光ファイバ56-2の方が長くなっていて、その長くなった部分58により約6ナノ秒の遅延が生じる。その結果、光ファイバ56-1と56-2からはいずれも760nmと800nmの波長の光パルスが被検体8に入射されるが、800nmのパルス光は発振時に約4ナノ秒の遅延をもっており、かつ光ファイバ56-2から被検体8に入射する光パルスは光ファイバ56-1から被検体8に入射する光パルスに対し約6ナノ秒の遅延をもつ。

【0022】この実施例の動作を図5にまとめて示す。もし遅延がないとすればその(A)表の本来の時間分解波形の欄に示されたように、送受光間距離に応じた波形の変化は見られるものの、時間差は現われない。しかし、遅延が設けられている結果、光ファイバ56-1から入射した760nmの光パルスaが遅延をもちずに検出され、次に光ファイバ56-1から入射した800nmの光パルスbが約4ナノ秒の遅延をもって検出される。次に光ファイバ56-2から入射した760nmの光パルスcが約6ナノ秒の遅延をもって検出され、光ファイバ56-2から入射した800nmの光パルスdが約10ナノ秒の遅延をもって検出される。このa~dの4つの信号を重ねて1つのTACに入力し、積算することにより、(B)に示される波形が得られる。

【0023】図6(A)はさらに他の実施例を表わしたものである。半導体レーザ2からのパルス光は光分波器62で2つの光路に分けられ、一方の光路は光ファイバ64-1及び単一光子状態になるように減光する減光器65を経て光合波器70に入射し、他方の光路は光ファイバ64-2を経て被検体8に入射し、被検体8を散乱透過した光子は光ファイバ68を経て光合波器70に入射する。光ファイバ64-2には光ファイバを長くすることによって遅延要素66が設けられている。光合波器70で単一の光路に合流した2つの光パルスは検出器10で検出され、CFD12を経てTAC14へ導かれる。他の構成は図2(A)に示されているものと同じである。

【0024】この実施例では、(B)に示されるように、被検体8を透過しないパルス光が基準光としてまず検出され、その後、被検体8を透過してきたパルス光が遅延要素66により設定された時間の遅れをもって検出される。TAC14による検出結果を積算したものが(B)に示されるものであり、それがデータとしてメモリに蓄えられる。

【0025】図7(A)はさらに他の実施例を表したものであり、波長の異なる2つの半導体レーザ2-1と2-2がそれぞれの光分波器62-1と62-2によって2つの光路に分けられ、それぞれの一方の光路の光パルスがそれぞれ減光器65-1、65-2を経て基準光として光合波器70に導かれ、それぞれの他方の光路の光パルスが観測光として被検体8に照射される。観測光を被検体8に導く光ファイバにはそれぞれ光ファイバを長くした遅延要素66-1と66-2が設けられている。また、半導体レーザ2-2に発振信号を導く同軸ケーブルは半導体レーザ2-1に発振信号を導く同軸ケーブルより長くされることによって、遅延要素66-1より長い遅延時間をもつ遅延要素30が設けられている。

【0026】この実施例では、(B)に示されるように、まず半導体レーザ2-1からの光パルスによる基準光が検出され、つづいて半導体レーザ2-1からの光パルスによる観測光が遅延要素66-1による遅延をもって検出される。その後、遅延要素30による遅延をもつ半導体レーザ2-2からの光パルスによる基準光が検出され、その後、さらに遅延要素66-2の遅延をもって半導体レーザ2-2からの光パルスによる観測光が検出される。

【0027】本発明は、特許請求の範囲に記載した発明以外に次の態様を含んでる。

(1) 各チャンネルは、光源からのパルス光の波長が異なったものである。これにより、複数の波長の時間応答波形を1つのTACで同時に又はほとんど同時に測定することができる。

(2) 各チャンネルは、被検体へのパルス光の入射位置と被検体からの散乱透過光の受光位置との距離が異なっ

たものである。これにより、複数の測定ポイントでの時間応答波形を1つのTACで同時に又はほとんど同時に測定することができる。

(3) 各チャンネルは、光源からのパルス光の波長が異なったものと、被検体へのパルス光の入射位置と被検体からの散乱透過光の受光位置との距離が異なったものとを組み合わせたものである。これにより、例えば2波長、2測定ポイントを組み合わせた4つの現象を1つのTACで同時に又はほとんど同時に測定することができる。

(4) 少なくとも1つのチャンネルとして、光源からのパルス光が被検体を透過せず直接検出器により受光されて基準光となるものがさらに設けられている。これにより、光源の変動や検出器の感度変動など、測定装置の変化を測定光との時間ずれなしに、また時間の無駄なしに観測することができる。そして、その基準光による検出信号のデータにより被検体を透過した測定光による検出信号のデータを割算することにより、光源や検出器の時間的な変動による誤差を消去することができ、安定した測定が可能になる。

【0028】

【発明の効果】本発明では被検体への光入射側と被検体からの光出射側の少なくとも一方を複数のチャンネルとするとともに、光検出器による各チャンネルの光子検出までの時間が互いに重ならず、かつすべてのチャンネルの光検出器による光子検出がTACの1回の作動時間領域内に完了するように遅延要素を設けたので、複数の波長の時間応答波形や複数の測定ポイントでの時間応答波

* 形を1つのTACで同時に又はほとんど同時に測定することができるようになる。そして、1つの検出器、1つのTACで済むことから、装置構成が簡単になり、安価に実現できるようになる。また、照射光のパワーを上げることなしに効率的なデータ収集も可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)及び(B)はそれぞれ従来の測定装置の構成を示すブロック図である。

【図2】(A)及び(B)はそれぞれ実施例の構成を示すブロック図である。

【図3】(A)及び(B)はそれぞれ他の実施例の構成を示すブロック図であり、(C)はそれらの実施例における光分波器や光合成器に代わる分岐光ファイバを示す斜視図である。

【図4】さらに他の実施例の構成を示す概略図である。

【図5】図4の実施例の動作を示す波形図である。

【図6】(A)はさらに他の実施例の構成を示すブロック図であり、(B)はその動作を示す波形図である。

【図7】(A)はさらに他の実施例の構成を示すブロック図であり、(B)はその動作を示す波形図である。

【符号の説明】

2, 2-1, 2-2 半導体レーザ

4 発振器

8 被検体

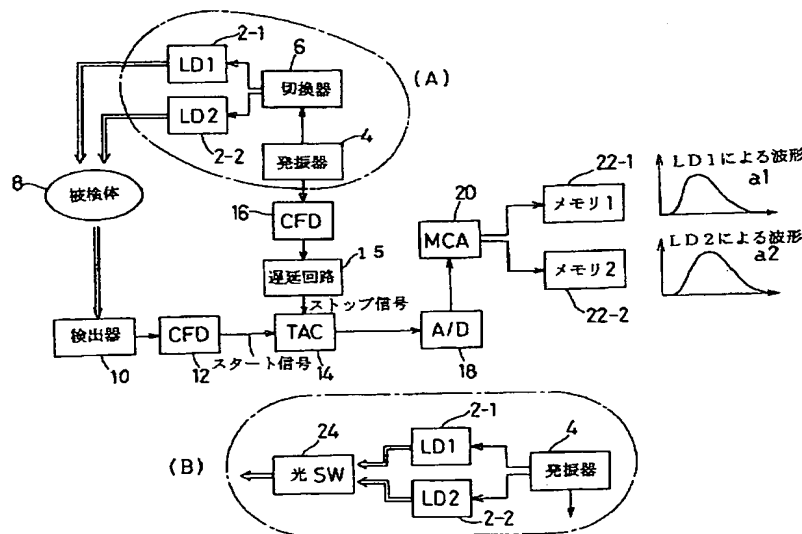
10 検出器

14 TAC

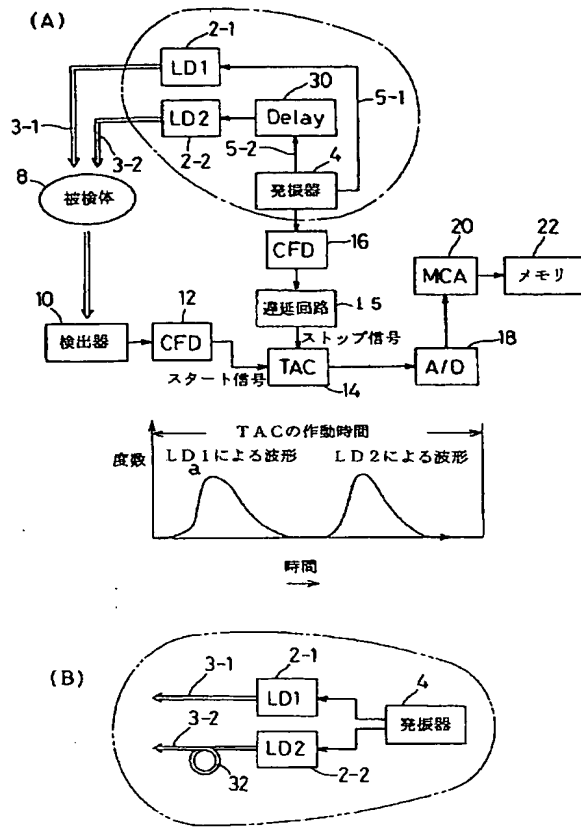
30, 32, 38, 42, 58, 66, 66-1, 66

-2 遅延要素

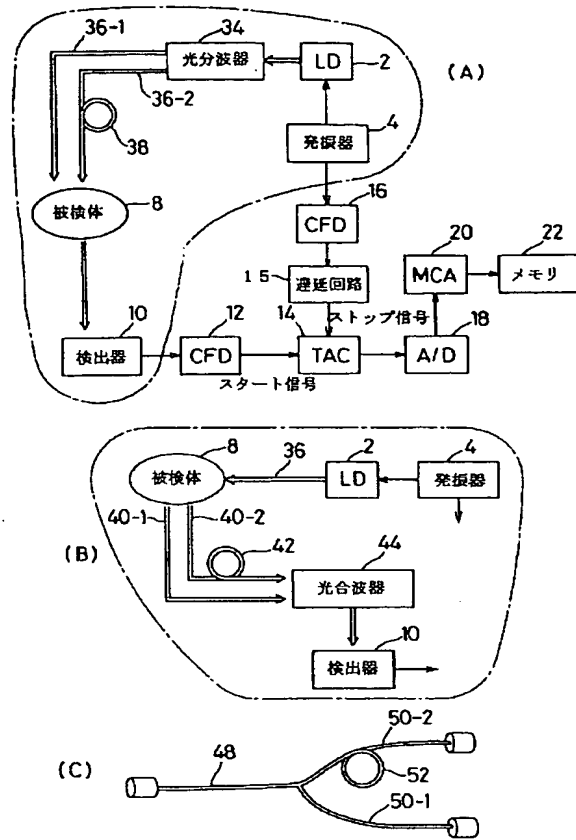
【図1】



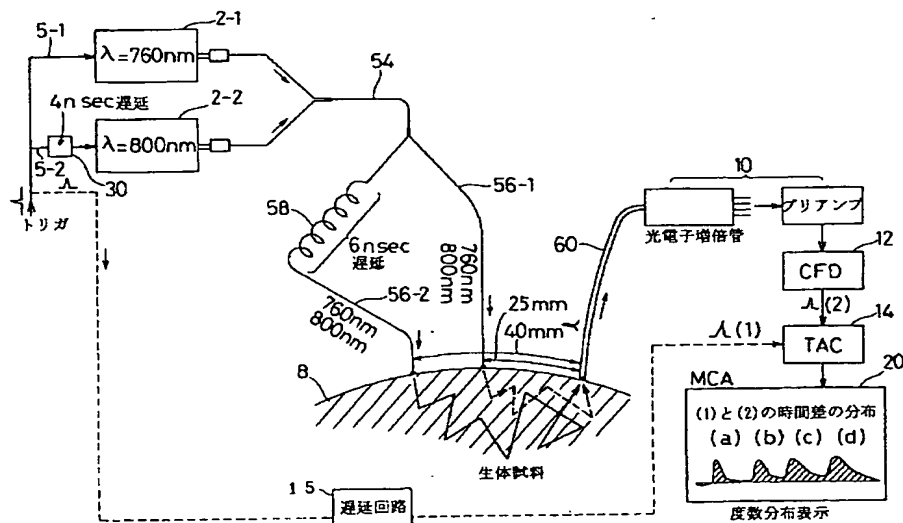
【図2】



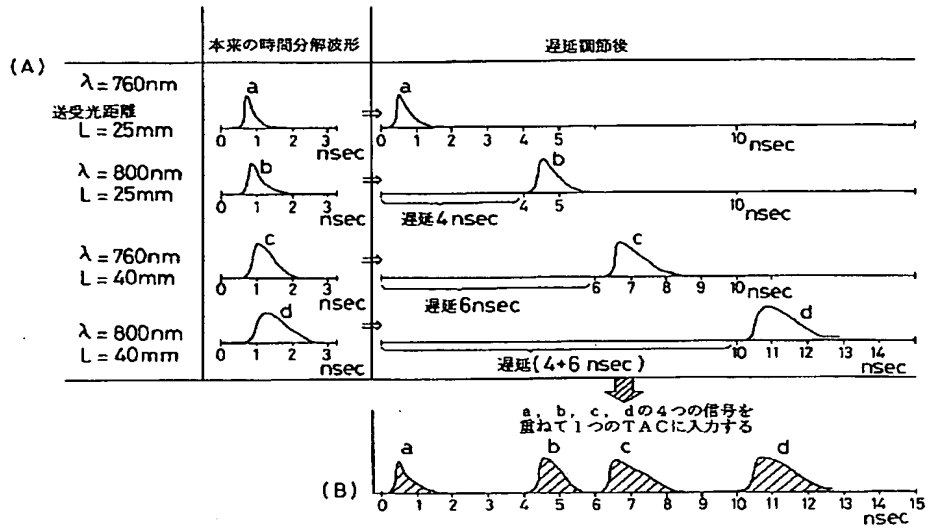
【図3】



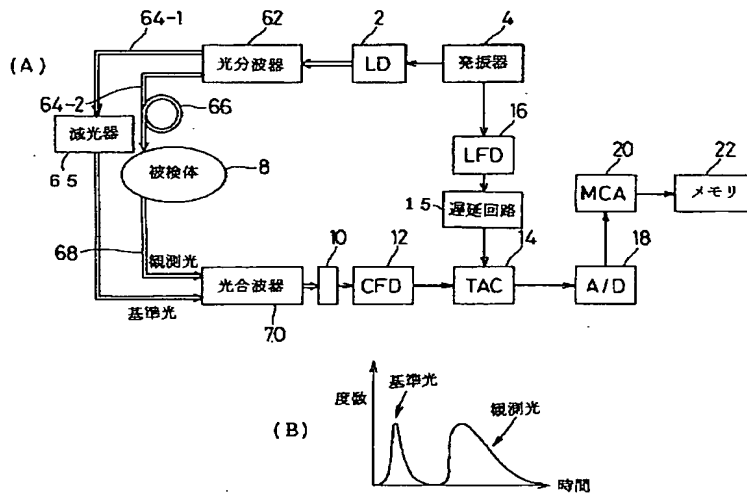
【図4】



【図5】



【図6】



〔図7〕

